

**Ipari-kereskedelmi utak és tárolóterek betonburkolatai**  
MMK-MBBE továbbképző tanfolyam.  
Az előadás a Magyar Betonburkolat Egyesület (MBBE) kiadásában  
2012-ben megjelent Betonburkolatok című szakkönyvön alapul.

**Előadó: dr. Karsainé Lukács Katalin**



2013. március

## TARTALOMJEGYZÉK

1. Hengerelt beton	3
2. Betonburkolatok tartóssága	3
3. A környezeti hatásoktól függő kitéti osztályok	3
4. A betonburkolatok anyagai	5
4.1. Cement	5
4.2. Adalékanyagok	6
4.2.1 Újgyártású adalékanyagok	6
4.2.2 Újrahasznosított adalékanyagok	7
4.3. Víz	8
4.4. Adalékszerek	9
4.5. Kiegészítő anyagok	10
4.6. Felületkezelő szerek	10
5. Burkolati betonok tervezése	10
5.1. Követelmények	10
5.2. A pályaburkolati betonok jelölése	11
5.3. A betonburkolatok szilárdsági követelményei	11
5.4. Tervezési szempontok	13
6. Hengerelt betonburkolatok	14
6.1. Külföldi tapasztalatok	14
6.2. Magyarországi alkalmazás	16
6.3. Hengerelt betonburkolat tervezési követelményei	16
6.3.1. A külföldi gyakorlat	16
6.3.2 Anyagtároló Hesedorfban	18
6.3.3 Hazai szabályozás javasolható alapjai	20
ÁBRÁK JEGYZÉKE	22
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	22

## 1. Hengerelt beton

Hengerelt betonnak nevezzük azt a földnedvesen előállított betont, amelyet finiserrel építenek be, majd nehéz hengerrel tömörítenek.

A hengerelt beton összetétele nem igényel jelentős változtatást a hagyományos betonburkolatok összetételéhez képest. A hengerelt betonburkolatok tervezésére és készítésére hazai műszaki szabályozás nem készült. A külföldi előírások és betonkeverék összetételére két fontos kritériumot emelnek ki, az egyik az adalékanyag szemmegoszlásában a finom rész tartalmának növelése, valamint a betonkeverék víztartalmának a tömörítéshez szükséges mértékű szabályozása, lévén a hengerelt betonból készített burkolat hézagolt betonburkolatnak tekinthető.

## 2. Betonburkolatok tartóssága

A betontechnológiában alapvető szemléletváltás történt Európában az elmúlt 10-15 évben. Korábban a betonösszetétel tervezésének fő szempontja volt a megfelelő nyomószilárdság elérése. Az EN-206-1:2002 új európai szabvány a beton tartósságát, a szerkezet környezeti hatásokkal szembeni ellenálló-képességét helyezte az első helyre. Ennek megfelelően a betonösszetétel tervezésének első lépése a károsító hatások meghatározása.

Az EN 206-1:2002-es európai szabvány hazai bevezetése során megfogalmazásra kerültek azok a követelmények, amelyek Magyarország földrajzi helyzetéből, éghajlati adottságaiból adódóan szigorúbb előírásokat igényeltek, mint a keretszabványként megfogalmazott EN 206-1 jelzetű szabvány. Továbbá a hazai több évtizedes tapasztalat és gyakorlat is helyet kapott abban a kiegészítésben, amelyet Nemzeti Alkalmazási Dokumentumnak neveznek (NAD). Szakmai összefogással MSZ 4798-1:2004 jelzettel Magyarországon megjelent az új Beton szabvány<sup>1</sup>, amely részben tartalmazza a betonburkolatok tartóssággal összefüggő követelményeit is.

A betonburkolatok tartóssága szempontjából a következő alapvető követelményt kell kiemelni:

- a tervezett terhelésnek megfelelő szilárdságot, elsősorban hajlító-húzószilárdságot,
- a téli fagyás-olvadás és jégolvasztó sózással szembeni ellenállóképességet,
- a kis vízfelvételt, valamint
- a forgalom koptatóhatásának való megfelelést.

A fenti követelmények teljesíthetők a megfelelő alapanyagok kiválasztásával és megfelelő keverék tervezésével.

## 3. A környezeti hatásoktól függő kitéti osztályok

”MSZ 4798 ”A beton-, vasbeton és a feszített vasbeton szerkezetek egyik legfontosabb követelménye a megfelelő tartósság, amely attól függ, hogy a szerkezethez szállított betonkeverék illeszkedik-e a környezeti hatások által meghatározott kitéti (környezeti) osztályhoz vagy osztályokhoz. Az MSZ EN 206-1 a környezeti hatásoktól függő kitéti (környezeti) osztályok meghatározásának fontosságát azzal is hangsúlyozza, hogy az osztályozás első helyére ezt teszi. A kitéti (környezeti) osztályba való sorolás az előíró kötelessége.”

A betonburkolatok tervezése során az *1. táblázatban* összefoglalt környezeti hatásokat célszerű figyelembe venni.

---

<sup>1</sup> MSZ 4798-1:2004 Beton. 1. rész. Műszaki Feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon

1. táblázat Kitéti (környezeti) osztályok

Az osztály jele	Környezeti hatás leírása	Példák az előfordulásra
<b>Karbonátosodás okozta korrózió</b>		
XC4	Váltakozva nedves és száraz	Víznek kitett betonfelületek, amelyek nem tartoznak az XC2 osztályba.
<b>Fagyási/olvadási korrózió jégolvasztó anyaggal vagy anélkül</b>		
XF4	Nagymérvű víztelítettség jégolvasztó anyaggal vagy tengervízzel.	Útburkolatok és hídpályalemezek jégolvasztó anyagoknak kitéve. Jégtelenítő anyagok közvetlen permetének és fagnak kitett betonfelületek.
<b>Kémiai korrózió</b>		
XA1 XA2 XA3	Szulfátok, erősen savas vagy lúgos hatások ammónia, agresszív szén-dioxid.	Természetes talajból és talajvízből származó anyagok.
<b>Koptatóhatás okozta korrózió</b>		
XK1(H)	Könnyű szemcsés anyagok koptató igénybevétele. Gyalogos forgalom, puha abroncsú kerekek koptató igénybevétele.	Könnyű adalékanyagok, termények, stb. tárolására alkalmas silók, bunkerek, tartályok; járdák, lépcsők, garázspadozatok.
XK2 (H)	Gördülő igénybevétel okozta koptatóhatás nehéz terhek alatt.	Betonút, durva, nehéz szemcsés anyagok tárolói, gördülő hordalékkal érintkező betonfelületek.
XK3 (H)	Csúsztató-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt.	Repülőtéri kifutópályák, felszállópályák, nehézipari szerelőcsarnokok, konténerátrakó állomások.
XK4 (H)	Csúsztató-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt, nagy felületi pontosság és pormentesség igénye esetén.	Nehéz tehernek és targoncaforgalomnak kitett csarnokok és raktárak kemény felületű, pormentes ipari padlóburkolata.

A használati élettartamot és a várható környezeti hatásokat a megrendelőnek/építtetőnek kell meghatározni. A környezeti hatásoknak akkor felel meg egy betonösszetétel, ha az alábbi, a beton összetételére és tulajdonságaira előírt határértékeket a keverék tervezője betartja:

- legnagyobb víz-cement tényező,
- legkisebb cement tartalom,
- legkisebb szilárdsági osztály,
- a frissbeton legkisebb testsűrűsége,
- a megszilárdult beton legkisebb testsűrűsége.

Ezekre vonatkozóan mind az európai, mind pedig a hazai szabályozás részletes útmutatással él.

## 4. A betonburkolatok anyagai

A betonburkolat alapanyagai: a cement, az adalékanyagok, a víz, az adalékszerek, a kiegészítő anyagok. A betonkeverékek tervezése szempontjából az alapanyagokkal kapcsolatos alapvető ismereteket a Könyv F9 függeléke foglalja össze részletesen. Az alábbiakban néhány, a betonburkolat tartóssággal összefüggő alapanyag tulajdonsággal foglalkozunk.

### 4.1. Cement

A betonkeverék tervezésének fontos lépése a megfelelő cementfajta megválasztása, figyelemmel a pályaburkolat szilárdsági, üzemeltetési követelményeire és a kivitelezés várható körülményeire. A cementtípus és azon belül a szilárdsági paraméterek, a cement összetétele, kiegészítő anyaga fajtája és alkalmazott mennyisége mind hatással vannak a kész betonburkolat élettartamára.

A közlekedési, illetve az ipari-kereskedelmi betonburkolatok terhelési igénybevételével szembeni ellenállás szempontjából a beton hajlító-húzószilárdságnak nagyobb a jelentősége a nyomószilárdsággal szemben. Ezt a prioritást szem előtt tartva olyan cementek használata kívánatos, amelyek 28 napos korú nyomószilárdságához ( $40\text{--}45\text{ N/mm}^2$ ) 1:5-1:6 arányú hajlító-húzószilárdsági érték ( $7,5\text{--}8\text{ N/mm}^2$ ) tartozik. E követelmény kielégítése általában olyan portlandcementekkel, illetve kisebb kiegészítő-anyag tartalmú kompozit portlandcementekkel lehetséges, melyek összetétele megfelel az 2. táblázat szerinti értékeknek.

2. táblázat Betonburkolatokhoz használható cementek követelményei

Paraméter		Mérték
C <sub>3</sub> S tartalom	≥	50 m%
C <sub>3</sub> A tartalom	≤	8 m%
szabad CaO tartalom	≤	1,5 m%
MgO tartalom	≤	5 m%
Örlési finomság Blaine szerint	≤	3300 cm <sup>2</sup> /g
28 napos nyomószilárdság	≥	40 N/mm <sup>2</sup>
28 napos hajlító-húzószilárdság	≥	6,5 N/mm <sup>2</sup>

Az európai cementszabvány<sup>2</sup> biztosította típusokat és szilárdsági osztályokat vették át a betonburkolat tervezését és építését szabályozó hazai utügyi műszaki előírások.<sup>3,4</sup>

Az elmúlt években a tartósság terén és a burkolatépítésben tapasztalt kedvező tulajdonságai miatt egyre szélesebb körben alkalmazzák a nagyobb kohósalak tartalmú CEM III/A-42,5 N jelű cementet. Szulfátállósága révén az agresszív talajvizes területeken bizonyította létjogosultságát ez a típus. A betonkeverék és a víz találkozását követően kisebb a hőfejlődés, ennek következtében a zsugorpedések mértéke is csökken. A beton kötése során akár 90 napos korig is tapasztalható hidratáció, ami a beton szövetszerkezetének a tömörségét növeli és ezáltal a külső, károsító anyagok kevésbé képesek a kapillárisokon keresztül behatolva hatásukat kifejteni. Ezen cement alkalmazásának egy igen szigorú feltétele a gondos, – a portlandcementénél – hosszabb idejű utókezelés, amire egyébként is szüksége van, az alacsony vízcement tényezőjű, földnedves hengerelt betonnak.

<sup>2</sup> MSZ EN 197-1 Cement. 1. rész: Az általános felhasználású cementek összetétele, követelményei és megfelelőségi feltételei

<sup>3</sup> ÚT 2-3.301:2006 Beton pályaburkolatok építése. Építési előírások, követelmények. Magyar Utügyi Társaság

<sup>4</sup> ÚT 2-3.213:2008 Hézagában vasalt kétrétegű, mosott felületképzésű betonburkolatú merev útpályaszerkezet építése. Magyar Utügyi Társaság

## Példa a cement jelölésére

CEM I 42,5 N	megnevezés
I	tiszta portlandcement, a 95 % klinker tartalom mellett 5 % kiegészítő anyagot tartalmaz
42,5	28 napos korban szabványos méretű próbatesten, szabványos tárolást követően mért nyomásslárdtság MPa-ban kifejezve
N	normál szilárdulási ütemű cement

### 4.2. Adalékanyagok

A beton pályaburkolatok építéséhez használható adalékanyagok tulajdonságait európai termék szabványok<sup>5</sup> és útügyi műszaki előírások<sup>3,4,6,7,8</sup> szabályozzák. Ezek szerint a beton pályaburkolatok keverékéhez új gyártású, és/vagy bontott betonburkolatból visszanyert újrahasznosított adalékanyagok használhatók.

A betonkeverék kövázát alkotó adalékanyagok tisztaságának, a köváz homok és maximális szemnagyság közötti tartományba eső rész kopásállóságának, a köváz homok tartományába eső része szemmegoszlásának és agyag-iszap tartalmának a betonkeverék előírt tulajdonságai elérésében, a cementadagolás mértékében, a betonkeverék bedolgozhatóságában kiemelt jelentősége van.

Ezért az adalékanyagok szemmegoszlását, az abból számított finomsági modulusokat, a méreten felüli és aluli szemcsék arányát, a szemalak tényezőt és lemezességet<sup>9</sup>, a homok agyag-iszap tartalmát, nedvességtartalmát a tervezett keverék összetétele és a frissbeton konzisztenciája szempontjából ismerni kell. A homokfrakció szemmegoszlása, ezen belül a finom szemek mennyisége, az agyag-iszap tartalom, a szükséges cement tartalmat és ezen keresztül cementpép mennyiségét, a keverék telítettségét befolyásolja. A 0/4 mm-es homokfrakció agyag-iszap tartalma 3 %-nál nem lehet több, mert az ennél nagyobb értéknek kedvezőtlen hatása van a keverék és a belőle épített burkolat fagyállóságára, tehát tartósságára is.

#### 4.2.1 Újgyártású adalékanyagok

Újgyártású adalékanyag a természetes homok, a kavics, a homokos kavics, a zúzott homok, zúzott kő és zúzott kavics. A termékek feleljenek meg a 3. táblázatban megadott követelményeknek.

<sup>5</sup> MSZ EN 12620:2002+A1:2008 Kőanyaghalmozok (adalékanyagok) betonhoz

<sup>6</sup> ÚT-2-3.710:2008 Útbeton betonhulladék újrahasznosításával. Magyar Útügyi Társaság

<sup>7</sup> ÚT 2-3.601-2:2009 Útépitési zúzottkövek és zúzott kavicsok, Magyar Útügyi Társaság

<sup>8</sup> ÚT 2-3.210:2006 Pályalemezéből visszanyert beton újrafelhasználása, Magyar Útügyi Társaság

<sup>9</sup> A zúzottkő frakciók lemezes szemének magas aránya a tapasztalatok alapján kedvezően befolyásolja a húzó szilárdságot, viszont rontja a nyomószilárdságot.

3. táblázat Bármilyen betonburkolat betonjához alkalmazható adalékanyagok legalacsonyabb megkövetelt minőségi szintje

Megnevezés	Pályaburkolati beton beépítési helye	CP4,5/3,5	CP 4/2,7	CP3,5/2,4	CP3/2
		jelű pályaburkolati betonhoz alkalmazható termékek jele			
<b>Zúzottkövek, zúzottkavicsok</b>					
Kőzetfizikai csoport	felső réteg vagy egyrétegű burkolat	LA <sub>20</sub> , MDE <sub>15</sub> , MS <sub>18</sub>		LA <sub>25</sub> , MDE <sub>20</sub> , MS <sub>18</sub>	LA <sub>30</sub> , MDE <sub>25</sub> , MS <sub>18</sub>
	alsó réteg	-	LA <sub>25</sub> , MDE <sub>20</sub> , MS <sub>25</sub>	LA <sub>30</sub> , MDE <sub>25</sub> , MS <sub>25</sub>	LA <sub>40</sub> , MDE <sub>30</sub> , MS <sub>25</sub>
Termékosztály	felső réteg vagy egyrétegű burkolat	NZ Fl <sub>50</sub> , KZ Fl <sub>20</sub>			
	alsó réteg	NZ Fl <sub>50</sub> , KZ Fl <sub>35</sub>			
Csiszolódási osztály	felső réteg vagy egyrétegű burkolat	PSV <sub>50</sub>			
<b>Homok, homokos kavics, kavics</b>					
Homok, Kavics	Betonburkolat bármelyik rétegébe	Osztályozott termékek az MSZ 4798-1 NAD 5.1. táblázat szerinti szemmagyságok és szemszerkezeti követelmények			
<b>Kőliszt nyersanyaga</b>					
Kőzetfizikai csoport	felső réteg vagy egyrétegű burkolat	Kőliszt nem használható	LA <sub>20</sub> , MDE <sub>15</sub> , MS <sub>15</sub>		LA <sub>35</sub> , MDE <sub>30</sub> , MS <sub>18</sub>
	alsó réteg		LA <sub>30</sub> , MDE <sub>25</sub> , MS <sub>18</sub>	LA <sub>35</sub> , MDE <sub>25</sub> , MS <sub>21</sub>	LA <sub>40</sub> , MDE <sub>30</sub> , MS <sub>25</sub>

Megjegyzés: A táblázatban megadott jelölések az MSZ EN 12 620 és az ÚT 2-3.60-2 szerinti. Az egyes szilárdsági osztályokban megadott jelű terméknél jobb tulajdonságokkal rendelkező termék a beton előállításához természetesen alkalmazható.

A Könyv 9.5 táblázata összefoglalja néhány, a betonburkolat készítésére alkalma magyarországi kő- és kavicsbánya termékeit.

Az adalékanyagok burkolatban történő felhasználhatóságát a kőzettani jellemzőkön túlmenően a kőzetfizikai és a kőbányászati feldolgozás során szerzett technológiai tulajdonságai határozzák meg.

A betonburkolat építéshez használatos zúzottkövek és zúzottkavicsok termékminősítő

- *kőzetfizikai* tulajdonságai:
  - a szilárdság, az ütés- és kopásállóság, amelyet a Los Angeles (LA), mikro-Deval (M<sub>DE</sub>), vizsgálattal;
  - a csiszolódás, amelyet a csiszolódási vizsgálattal (PSV);
  - az időállóság, amelyet a szulfátos kristályosítási vizsgálattal (MS);
- *technológiai* tulajdonságai:
  - a szemmagyság (pl. 4/11) és szemmegoszlás, az osztályozás élessége, amelyet a szitavizsgálattal,
  - a finomszemek (<0,02 mm) mennyisége, amelyet hidrometrálással,
  - a szemalak, amelyet szemalak vizsgálatokkal,
  - a szerves vagy szervesetlen (beleértve az agyag- és iszaptartalmat) szennyeződések, szemrevételezéssel vagy kémiai elemzéssel

állapítunk meg.

#### 4.2.2 Újrahasznosított adalékanyagok

Az újrahasznosított adalékanyag (RA) minősége egyrészt a régi betonburkolat betonjának tulajdonságaitól, másrészt annak visszanyerési technológiája (tisztítás, törés, osztályozás) megfelelőségétől függ. Mind az építetőnek, mind pedig a vállalkozónak az építési tevékeny-

séget megelőzően meg kell bizonyosodnia az újrahasznosítani kívánt pályabeton minőségének egyenletességéről és újrafelhasználásra való alkalmasságáról.

Az újrahasznosíthatósági megítélés szempontjai: a betonlemez jelenlegi állapota és fajtája, szilárdsága, esetleges fagykárosodása, duzzadási jelenségek, adalékanyagai, a habarcsrész állapota, idegen alkotók (pl. aszfalt, fa) mennyisége, légbuborék szerkezeti jellemzők. Duzzadási jelenségek (pl. alkáli reakció) miatt károsodott betonpálya nem alkalmas arra, hogy abból újrahasznosított beton (RC) készüljön.

Az újrahasznosított betonból készített adalékanyag kétrétegű pályabeton alsó rétegeket (*a* osztály) vagy egyrétegű pályabeton építésénél (*b* osztály) jöhet számításba. A követelményeket a 4. táblázat mutatja be.

4. táblázat Újrafelhasználási osztályok követelményei

Követelmény	Osztály	
	<i>a</i>	<i>b</i>
Környezeti osztály jele	XF3	XF4
Nyomószilárdsági osztály legalább	30/37	30/37
Húzószilárdsági osztály	-	CP 4/2,7
Légbuborék-szerkezet	1)	2)
Legnagyobb megengedett aszfalttartalom [tömeg%]	10	0,5

Megjegyzés: 1) nincs követelmény; 2) nem megfelelő légbuborék-szerkezetű RA egyrétegű betonba való újraalkalmazására még nincs elegendő gyakorlati tapasztalat

Példa egy homok jelölésére:

Homok	megnevezés
1/4 mm	szemmagyság
G <sub>F</sub> 85/20	szemmagysági osztály
P	agyag-iszap tartalom < 3tf%
SS <sub>0,2</sub>	szemek felületi szulfátion tartalma SO <sub>4</sub> -ben kifejezve ≤ 0,2m%
MSZ EN 12620- MSZ 4798-1	szabványok figyelembevételével gyártották

### 4.3. Víz

A pályaburkolati beton gyártásához használt víz feleljen meg az MSZ EN 1008 "Keverővíz betonhoz. A betonkeverékhez szükséges víz mintavétele, vizsgálata és alkalmasságának meghatározása, beleértve a betongyártási folyamatból visszanyert vizet is" szabványnak.

A víz klorid- és szulfát-ion tartalma, a karbonát-ion tartalma veszélyes a betonkorrozó szempontjából. A keverővíz nem tartalmazhat szerves anyagot és nem lehet gyógyvíz. Ha a beton készítéséhez felhasználni kívánt víz nem általánosan használt ivóvíz, hanem iható ásványvíz, vagy egyéb különleges víz, akkor az ilyen víz alkalmasságát az MSZ EN 1008 szabvány szerint laboratóriumban meg kell vizsgáltatni.

Ha a betonburkolat utóérleléséhez szükséges nedvességet nem párazáró szer alkalmazásával biztosítják, hanem 2-3 napig történő vízpermet egyenletes kiszórásával, akkor az utókezeléshez az első két napon a betonkeverék előállításához használt vízzel azonos minőségű vizet kell használni. A harmadik naptól kezdve minden olyan víz megfelelő, amely nem tartalmaz: szennyvizet, 0,3 %-nál több kénsavanhidridet, valamint agresszív szénsavat.



#### 4.4. Adalékszer

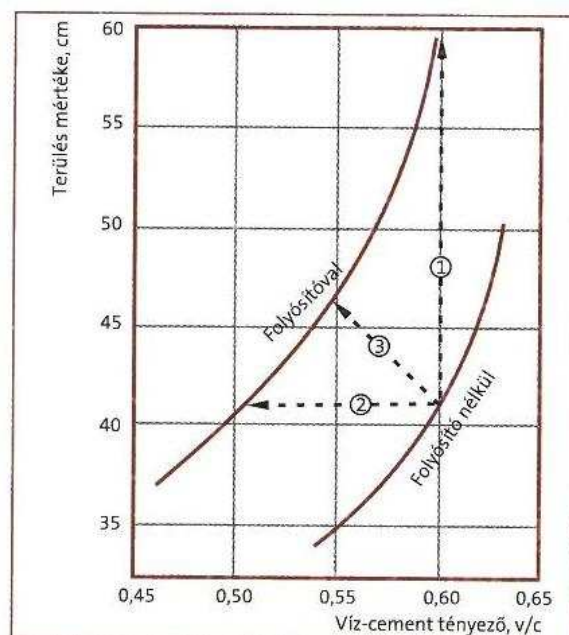
A burkolati beton készítéséhez felhasznált adalékszer feleljen meg az MSZ EN 934-2 "Kőanyaghalmozatok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. A szemmegoszlás meghatározása. Vizsgálósztaták, a szitanyílások névleges mérete" szabvány követelményeinek.

Leggyakrabban alkalmazott adalékszer:

- **Légbuborékképző adalékszer:** a keverés során, tisztán fizikai úton, nagy mennyiségű apró, többnyire gömb alakú légbuborékot hoznak létre egyenletes eloszlásban a betonkeverékben. A mesterséges légbuborékkal átszótt struktúra elsősorban kedvezően hat a beton fagyállóságára, valamint az olvasztósók hatásával szembeni ellenállására. Mellékhatásként javítja a konzisztenciát, de általános szabály, hogy 1 % bevitt légbuborék 4-5 % szilárdságcsökkentést okoz.
- **Képlékenyítő adalékszer:** ezek a friss betonok bedolgozhatóságának javítására alkalmasak. Lehetővé teszik egy adott friss beton keverék víztartalmának csökkentését a konzisztencia romlása nélkül, vagy növelik a friss beton területi/roskadási mértékét többletvíz hozzáadása nélkül, vagy egyidejűleg mindkét hatást kiváltják.
- **Folyósító adalékszer:** a képlékenyítő adalékszerhez hasonlóan csökkentik a betonkeverékek vízigényét, vagy javítják a betonkeverékek bedolgozhatóságát, de sokkal hatásosabb mértékben, mint a képlékenyítőszer. Így lehetővé teszik a betonkeverék bedolgozhatóságának jelentős javítása mellett a keverővíz mennyiségének egyidejű csökkentését. A hatást az 1. ábra szemlélteti.

1. ábra A folyósító adalékszer alkalmazásának fő hatásai.

(Forrás: SIKÁ Hungária Kft)



Fontos, hogy az alkalmazni kívánt adalékszer egy gyártótól származzanak, ettől eltérő esetben vizsgálni kell az együttes alkalmazhatóságukat, továbbá bizonyítani kell összeférhetőségüket a választott cementfajttal.

Több adalékszer együttes alkalmazásakor az adagolás sorrendjére ki kell kérni a gyártó véleményét, de általános szabályként alkalmazható, hogy a frissbeton keverékhez először mindig a képlékenyítő/folyósító szert adagoljuk, majd ezt követően a légbuborékképző adalékszert.

## 4.5. Kiegészítő anyagok

A pályaburkolati beton előállításához a hidraulikus kötésben részt nem vevő (inert) finom szemmagyságú, vagy a hidraulikus kötésben is részt vevő aktív, szervesetlen kiegészítő anyagot is alkalmazhatnak. Az inert anyagok általában kőzetlisztek, amelyeknek az MSZ EN 12620 számú szabványban előírt minőségi követelményeit kell kielégítsék. A hidraulikus tulajdonságú kiegészítő anyag feleljen meg az MSZ EN 450<sup>10</sup>, az MSZ 4706-1<sup>11</sup>, az MSZ 4706-2<sup>12</sup>, az MSZ 4706-3<sup>13</sup>, és az MSZ 4706-4<sup>14</sup> számú szabványok közül az alkalmazni kívánt termékre vonatkozó szabvány minőségi követelményeinek.

A hidraulikus tulajdonságú kiegészítő anyag természetes vagy mesterséges puccolán, szilikapor, granulált kohósalak, pernye vagy trassz lehet. A pernye az MSZ EN 450<sup>10</sup> számú szabvány előírásainak, a szilikapor pedig az MSZ EN 13263<sup>15</sup> számú szabvány követelményeinek feleljen meg.

Azokat a kiegészítő anyagokat, amelyeknek tulajdonságait szabványok nem tartalmazzák, csak Építőipari Műszaki Engedély beszerzése után szabad alkalmazni.

## 4.6. Felületkezelő szerek

Ezek az anyagok a párazáró bevonatok és felületi kötéskezelők. Párazáró anyagok alkalmazásával akadályozható meg a betonburkolat elkészítését követően a burkolatfelület gyors kiszáradása, a zsugorpedések kialakulása. Kötéskezelő használatával egy speciális burkolatfelület képzés, az ún. mosott felület állítható elő.

- **Párazáró bevonatok:** Frissen bedolgozott, mattnedvesre száradt betonfelületekre folyadék formában felhordott, fizikai száradással vagy vegyi reakció révén párazáró filmet képező készítmények, amelyek a hagyományos nedves utókezelést vagy fóliatakarást helyettesítve megóvják a betont a felületminőséget károsító kiszáradástól. A filmképző kötőanyagok egy része klíma- és kopásálló, tartósan megmaradó, tapadásrontó, sőt, esetenként csúszásveszélyes bevonatot ad; más részük azonban időjárási hatások (csapadék, napsugárzás, szél) és a közlekedés koptató hatása alatt néhány hét alatt kémiaiilag bomlik, ill. mechanikusan eltávolítható.
- **Kötésátlók:** a friss betonburkolat felületére egyenletesen felhordott folyékony vegyipari készítmények, amelyek a felület 0,5-0,8 mm-es rétegében gátolják a cement kötését, így a cementpép vízszugárral és seprőzéssel az adalékanyag szemcsék közül eltávolíthatók, a megfelelő érdesség előállítása céljából.

A burkolatba beépített beton utókezelésére alkalmazott párazáró anyagok feleljenek meg az MSZ EN 14754-1<sup>16</sup> számú szabvány követelményeinek. Amennyiben a beton párolgásának azonnali akadályozására polietilén fóliát alkalmaznak, a fólia legalább 0,03 mm-es vastagságú legyen.

## 5. Burkolati betonok tervezése

### 5.1. Követelmények

A burkolati betonok követelményeit három európai szabvány<sup>17,18,19</sup> és két útügyi műszaki előírás határozza meg<sup>3,4</sup>.

<sup>10</sup> MSZ EN 450 Pernye betonhoz. Meghatározások, követelmények és minőség-ellenőrzés

<sup>11</sup> MSZ 4706-1 Savanyú hidraulikus cementkiegészítő anyagok

<sup>12</sup> MSZ 4706-2 Hidraulikus cementkiegészítő anyagok. Természetes cementkiegészítő anyagok

<sup>13</sup> MSZ 4706-3 Hidraulikus cementkiegészítő anyagok. Granulált kohósalak

<sup>14</sup> MSZ 4706-4 Hidraulikus cementkiegészítő anyagok. Szénpernye

<sup>15</sup> MSZ EN 13263 Szilikapor betonhoz. Fogalom-meghatározások, követelmények és megfelelés-ellenőrzés.

<sup>16</sup> MSZ EN 14754-1 Utókezelőszerek. Vizsgálati módszerek. 1. rész Közöséges párazáró bevonatok vízmegtartó képességének meghatározása

<sup>17</sup> MSZ EN 13877-1:2005 Betonburkolatok anyagai

<sup>18</sup> MSZ EN 13877-2:2005 Rendeltetésének megfelelő követelmények

A betonburkolatokra vonatkozó három európai szabvány a betonkeverék alapanyagaira, a friss és megszilárdult beton tulajdonságaira és a burkolat vasalására vonatkozó követelményeket fogalmaz meg.

Az alapanyagokkal a 4. fejezet foglalkozik részletesen. A hengerelt betonburkolatok kereszt- és hosszirányú hézagaiban vasalást nem alkalmaznak, a tömörítés miatti elmozdulás elkerülése érdekében.

A friss és a megszilárdult beton tulajdonságainak követelményeit, a tűréseket a hazai szabályozások, ütügyi műszaki előírások<sup>3,4</sup> átvették, természetesen a sok évtizedes tapasztalat figyelembe vétele mellett.

## 5.2. A pályaburkolati betonok jelölése

Pályaburkolati beton CP 4/2,7-32/F2. A beton hajlító-húzó szilárdságának jellemző értéke 28 napos korban  $4 \text{ N/mm}^2$ , a kifűrt henger hasító-húzó szilárdságának jellemző értéke 28 napos korban  $2,7 \text{ N/mm}^2$ , az adalékanyag-keverék legnagyobb szemnagysága 32 mm, a friss beton konzisztenciája az MSZ 4798-1 szerint F2 területi osztálynak megfelelően 350-410 mm közötti területtel meghatározva.

## 5.3. A betonburkolatok szilárdsági követelményei

A tervezett felhasználástól függően a húzószilárdság alapján az 5. táblázatnak megfelelően 4 szilárdsági osztályú betont lehet készíteni.

5. táblázat A kész pályaburkolati betonok jellemző szilárdságának követelményei a szilárdsági osztályok szerint

Megnevezés			Jel (MSZ EN szerint)	CP4,5/3,5	CP4/2,7	CP 3,5/2,4	CP 3/2
				beton pályaburkolatok szilárdsági osztálya szerinti szilárdsági követelmények [ $\text{N/mm}^2$ ]			
Húzószilárdság	MSZ EN 13877-1 szerint	150×150×600 mm-es gerendán hajlítással, 28 napos korban vizsgálva	F	4,5	4	3,5	3
		Ø 150/300 mm 28 napos henger, hasítással vizsgálva	S	3,5	3	2,7	2,4
	MSZ EN 13 877-2 szerint	kifűrt hengeren, 28 napos korban, hasítással vizsgálva	SC		2,7	2,4	2,0
nyomószilárdság		kifűrt Ø 150/300 mm-es hengeren, 28 napos korban nyomásra vizsgálva (a szabvány szerinti korrekciós tényezővel)	CC		30	25	20
		150 mm-es élhosszúságú kockán, 28 napos korban nyomásra vizsgálva	C	40	37	30	25

A megszilárdult beton 28 napos korú szilárdsági tulajdonságainak megállapítására mind a típusvizsgálat, mind a próbakeverések, próbabeépítések, mind pedig az üzemszerű beépítés során kocka, henger és gerenda alakú próbatesteket kell készíteni a nyomó-, hajlító- és hasító-húzó szilárdságok, valamint a légbuborék eloszlás vizsgálatára. A megszilárdult beton vizsgálatának próbatest készítését és tárolását az MSZ EN 12390-2<sup>20</sup> szabályozza. A vizsgálatokat és az azokhoz tartozó próbatestek fajtáit a 6. táblázat foglalja össze.

<sup>19</sup> MSZ EN 13877-3 :2005 Teherátadó acélbetétek

<sup>20</sup> MSZ EN 12390-2 A megszilárdult beton vizsgálata. Szilárdságvizsgálati próbatestek készítése és tárolása

6. táblázat A megszilárdult beton vizsgálatai és a próbatetek

Vizsgálat	Próbatest és mérete [mm]		
	kocka	gerenda	henger
Nyomószilárdság	150×150×150		Ø150×150
Hajlító-húzószilárdság		150×150×600	
Hasító húzószilárdság			Ø150×300
Buborék eloszlás	150×150×150		

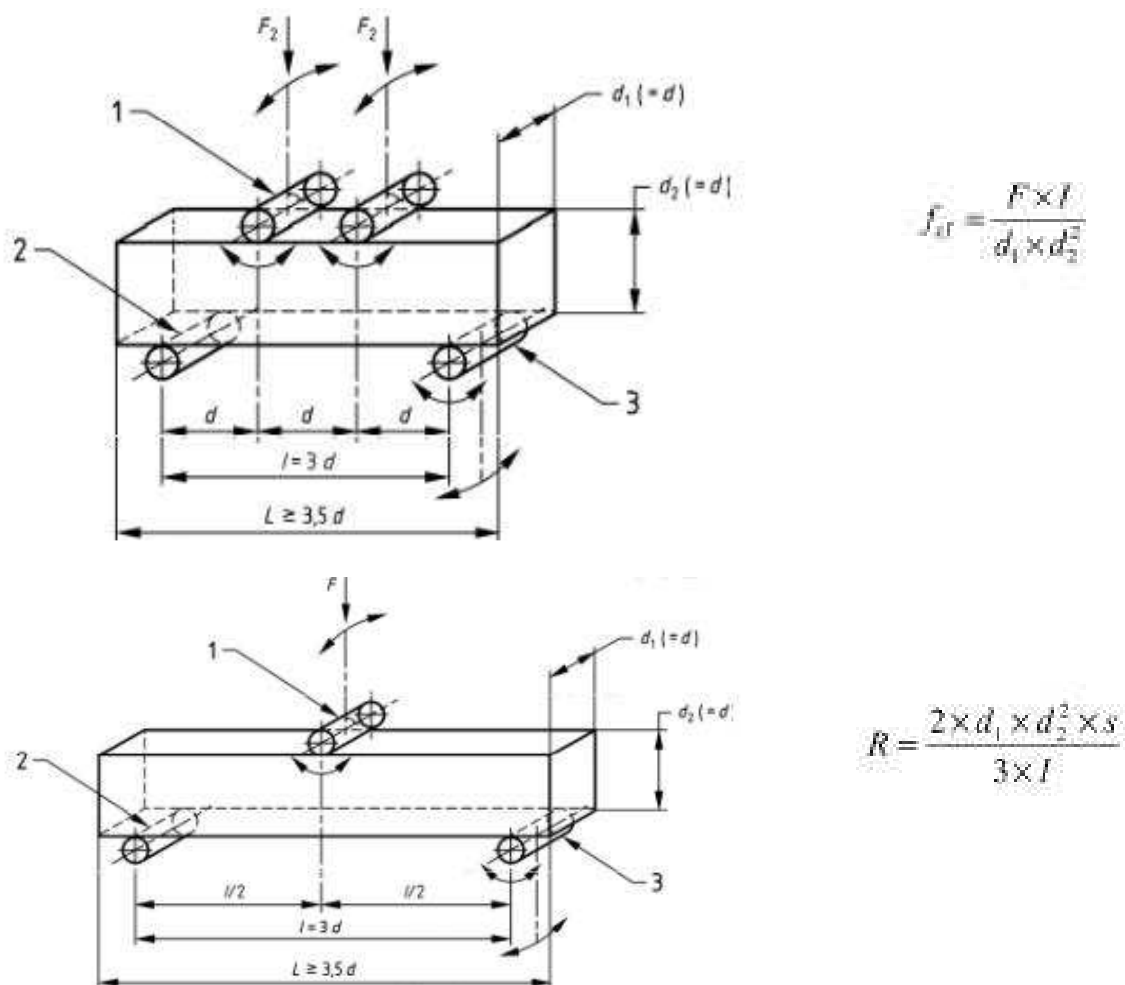
A megszilárdult beton próbatetek hajlító-húzószilárdságának meghatározását két pontos terheléssel az MSZ EN 12390-5<sup>21</sup>, a hasító-húzószilárdság vizsgálatát az MSZ EN 12390-6<sup>22</sup>, és a nyomószilárdság mérését az MSZ EN 12390-3<sup>23</sup> számú szabványelőírásoknak megfelelően kell elvégezni.

A hazai előírások a betonkeverékek tervezéséhez ún. tervezési követelményeket fogalmaztak meg annak érdekében, hogy a beépített burkolatból kifűrt magminták vizsgálati eredményeiből számított jellemző szilárdsági értékek a szilárdsági osztály követelményeinek megfeleljenek.

A szilárdsági vizsgálatokat a szabványban előírt módon, a megadott feltételek betartása mellett kell végrehajtani a vizsgálati eredmények összehasonlíthatósága érdekében.

Például a hajlító-húzó szilárdság az európai szabvány szerint egy- és kétpontos terheléssel a 2. ábra szerint vizsgálható.

2. ábra: Hajlító-húzó vizsgálat 2 és 1 pontos terheléssel



<sup>21</sup> MSZ EN 12390-5 A megszilárdult beton vizsgálata. A próbatetek hajlító-húzó szilárdsága

<sup>22</sup> MSZ EN 12390-6 A megszilárdult beton vizsgálata. A próbatetek hasító-húzó szilárdsága

<sup>23</sup> MSZ EN 12390-3 A megszilárdult beton vizsgálata. A próbatetek nyomószilárdsága

A két vizsgálati módszer szerint végrehajtott mérés eltérő eredményt ad, mégpedig nagyobb szilárdsági értéket kapunk az egyponτος terhelés mellett. Ebben az esetben a szabvány adta átszámítást kell alkalmazni.

A vizsgálati feltételek pontos betartására egy másik példa a terhelési sebesség szabványban előírt értékének beállítása. Ettől való eltérés különböző szilárdsági értékeket eredményez.

## 5.4. Tervezési szempontok

A beton összetételét úgy kell megtervezni, hogy az elkészített és a bedolgozott beton próbatetek várható szilárdsága – elsősorban a hajlító-húzószilárdsága a 7. táblázatban megadott követelményeknek megfeleljen. A beton összetétele és szilárdsága csak abban az esetben felel meg, ha a beton anyagainak egyenletessége, a beton gyártása, szállítása, a beépítése és utókezelése az előírt technológiai feltételeknek szigorúan megfelel.

Mind az alapanyagok, mind a friss beton keverék és a szilárd beton tulajdonságainak szóródása az előírtnál nem lehet nagyobb. A szórás mértékét a Könyv 9.2.1 pontja tartalmazza.

7. táblázat A pályaburkolati betonok tervezési követelményei

Megnevezés	CP 4,5/3,5	CP 4/2,7	CP 3,5/2,4	CP3/2
	jelű pályaburkolati beton			
Hajlító-húzó szilárdság várható értéke 150×150×600 mm-es gerenda próbatesteken 28 napos korban mérve, [N/mm <sup>2</sup> ]	6,5	5,3	4,6	4,0
Hasító-húzó szilárdság várható értéke Ø150 mm-es 150 mm magas henger próbatesteken, [N/mm <sup>2</sup> ]	5,0	4,0	3,6	3,2
Nyomószilárdság várható értéke 150×150×150 mm méretű próbatesteken, 28 napos korban mérve [N/mm <sup>2</sup> ]	50	45	40	33
Nyomószilárdság várható értéke 28 napos korban, Ø150 mm-es 150 mm magas henger próbatesteken, [N/mm <sup>2</sup> ]	45	40	34	28
Beton legkisebb cementtartalma <sup>1)</sup> , [kg/m <sup>3</sup> ]	370	350	330	300
Beton legnagyobb víz-cement tényezője	0,38	0,43	0,45	0,47
Adalékanyag legnagyobb szemmagysága, [mm]	8 <sup>1)</sup> 11	8, 11, 16, 22, 32		
Adalékanyag zúzott anyagrészeinek mennyisége ≥ 4 mm [tömeg%]	100	50	40	30
Megszilárdult betonban a távolsági tényező legfeljebb, [mm]	0,19	0,22		

1) A 8 mm-es legnagyobb szemmagyságú betonkeverék cementtartalma 370 kg/m<sup>3</sup>-nél kevesebb ne legyen.

A tervezés további szempontjai között szerepel az adalékanyag-keverék szemmegoszlási határok közötti tartása, az optimális vázszerkezet biztosítása, melyben a cementpép az adalékanyag szemcsék közötti kapcsolatot, magát a kötést biztosítja. Fontos, hogy a beton adalékanyag-keverékének hézagait cementpép töltsse ki, vagyis a beton péptelített legyen.

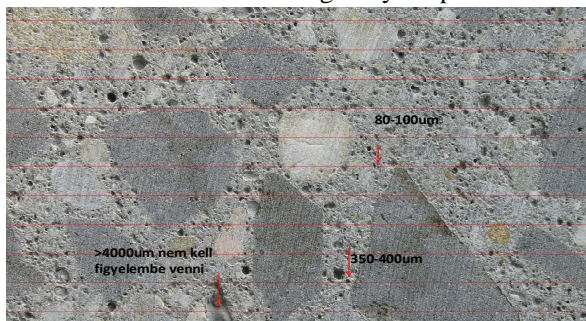
A beton jó bedolgozhatósága, a felület zárt kialakíthatósága, valamint a szállítás és bedolgozás során a friss beton szétosztályozódásának elkerülése érdekében a keverékben a 0,25 mm-esnél kisebb szemmagyságú finom rész bizonyos mennyiségénél nagyobb kell legyen, miközben a finom szemmagyságú rész túlzott növelése kedvezőtlenül befolyásolhatja a beton tulajdonságait.

Az adalékanyag-keverék szemmegoszlására és finomrész tartalmára vonatkozó követelményeket a Könyv 9.10 táblázata tartalmazza.

A téli jégolvasztó sózással és a fagyás-olvadással szembeni ellenállás érdekében a betonösszetételt légbuborék-képző adalékszer adagolásával kell megtervezni annak érdekében, hogy a víz fagyása során fellépő térfogat-növekedés szempontjából hatékony 300 µm alatti légbuborékok mennyisége megfelelő mennyiségben legyen jelen a szilárd beton struktúrában. Ezen

tulajdonságot a távolsági tényezővel jellemezzük. A távolsági tényező meghatározása az MSZ EN 480-11<sup>24</sup> szabvány szerint a következőket jelenti: a megszilárdult betonból kimunkált felületen a cementkőben egy feltételezett térrács átlója mentén egymás mellett fekvő légbuborékok közötti névleges távolság. A 3. ábra egy ilyen vizsgálati mintafelületet mutat be.

3. ábra Próbatest távolsági tényező próbateste



A friss beton megfelelő levegőtartalmát az adalékanyag keverék legnagyobb szemmagyságához kell beállítani. Az adalékszer adagolás mennyiségét számos egyéb tényező befolyásolja, úgymint az adalékanyag finomrész tartalma, a friss beton hőmérséklete, a friss beton keverési ideje és szállítási távolsága.

A friss beton konzisztenciáját a beépítés során alkalmazott tömörítő eszközhöz kell igazítani. A friss beton kötéséhez a tervezett cement-adagolás 20-23 tömegszázalékának megfelelő vízmennyiségre van szükség. Többletadagolás esetén a víz a betonból elpárolog, hajszálcsöveket hagyva maga után. A keletkező kapillárisok károsan befolyásolják a beton tartósságát, mivel ezeken keresztül a víz, valamint a levegő szennyező anyagai, a széndioxid a nitrogén-oxidok, stb. bekerülnek a szerkezetbe.

Amennyiben csak a kötéshez elegendő vízmennyiséggel készül a betonkeverék, úgy a megfelelő tömörség nem biztosítható a bedolgozás során, ami szintén a beton tartóssága ellen hat. Ezen probléma kivédésére képlékenyítő/folyósító adalékszerek alkalmazásával állítják be a bedolgozáshoz szükséges konzisztenciát az előírt víz-cement tényező betartása mellett.

## 6. Hengerelt betonburkolatok

A hengerelt betonburkolat a hézagolt betonburkolatok egyik változata. A betonkeverék összetétele lényegében nem tér el a pályaburkolatokhoz használatos betonkeverékektől, viszont a betonkeverék beépítése és hézagképzése jelentősen különbözik a pályaburkolati betonok szokásos építési módszerétől. A hengerelt betonburkolatok egy részénél a hézagolt betonburkolatok szabályos hézagait esetenként nem készítik el, ezért a hengerelt betonburkolat az elmozdulás lehetőségét biztosító hézagokat maga hozza létre, szabálytalan repedések formájában.

### 6.1. Külföldi tapasztalatok

Külföldön hengerelt betonburkolatokat elsősorban a nagy kerékterhelésű lassú járművek által használt utakon, rakodó területeken, előkészítő üzemi területeken (pl. fatelepeken), elosztó központokban (4. ábra), esetenként repülőterek forgalmi és műszaki előterein, parkolóknak, autópályák leállósávjaként építenek.

<sup>24</sup> MSZ EN 480-11 Adalékszer betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. Vizsgálati módszerek. A megszilárdult beton légbuborék-jellemzőinek meghatározása

4. ábra<sup>25</sup> Hengerelt beton beépítése a hesedorfi anyagtárolóban



A hengerelt betonburkolatokat az 1970-es évek óta alkalmazzák az Amerikai Egyesült Államokban nagy szilárdsága, tartóssága és gazdaságossága miatt. További előnyös tulajdonságait az 8. táblázat foglalja össze.

8. táblázat. A hengerelt betonburkolatok tulajdonságai és alkalmazási előnyei az amerikai gyakorlat szerint<sup>26</sup>

Tulajdonság	Előny
Nagy hajlítószilárdság: 3,5-7,0 MPa.	Ellenáll a nehéz és ismétlődő terheléseknek, így csökkenti a fenntartási költségeket és a hibaelhárításból következő állásidőt.
Nagy nyomószilárdság: 28-69 MPa.	Ellenáll a nagy tengelysúlyú kerékterhelésének.
Nagy ellenálló képesség a forgalom nyírási igénybevételével szemben.	Megakadályozza a nyomvályú képződést, következőképpen annak megszüntetésre fordítandó javítási munkát szükségtelenné teszi.
Nagy sűrűség, kis vízfelvétel.	Tartósan ellenáll a fagyási olvadási hatásoknak, a vízfelvétel károsodást nem okoz.
A keverék kis víztartalma és alacsony v/c tényezője.	Növeli a terheléssel, vízzel és a kémiai hatásokkal szembeni ellenálló képességet.
Az adalékanyag szemcséinek összekapcsolódása.	A hézagoknál és repedéseknél a lemezrészek között teherátadást tesz lehetővé, megakadályozva ezeken a helyeken a szabad függőleges elmozdulást vagy hézagszélek letörését.
Nincs vasháló, vagy teherátadó acélbetét igény.	Felgyorsítja és egyszerűsíti az építést, csökkenti az építés költségeit.
Az építés nem igényel formazsalukat vagy csúszózsarus finisert.	Csökkenti az építés erőforrás igényét, így költségeit.
Nincsenek képzett, vagy vágott hézagok.	Csökkenti az építés időigényét.
Kemény, időtálló, forgalombíró, világos felület.	Ellenáll a forgalom abrázációs hatásának, nem igényel kopóréteget, ezzel csökkenti az építés és a fenntartás költségeit. Csökkenti a parkoló és tárolóterek megvilágítási igényét.

<sup>25</sup> Haupt, H.; Peters, A.; Brendel, J.; Freimann, T.: Verkehrsflächen aus Walzbeton – wirtschaftliche und schnelle Bauausführung am Beispieldes Bundeswehr-Depots Hesedorf. Beton-Informationen 44 (2004) H.4, S. 43–50.

<sup>26</sup> Portland Cement Association: Roller Compacted Concrete (RCC) Performance. 2010. info@cement.org



Németországban az 1992-es évektől építenek hengerelt betonburkolatokat anyagtároló tereken, illetve közutak teherviselő rétegeként.<sup>26</sup> A hengerelt betonburkolatok tervezését és kivitelezését az FGSV (Út- és Közlekedésügyi Kutató Intézet) által kiadott a "Hengerelt betonból készült alaprétegek és kopórétegek építése" című útmutató segíti<sup>27</sup>. A hengerelt betonkeverék tervezés egyik fontos pillére az, hogy az adalékanyag-váz szemmegoszlását alapvetően a talajmechanikai szabályok alapján kell összeállítani a lehető legnagyobb tömörségi fok elérése érdekében.

## 6.2. Magyarországi alkalmazás

Magyarországon kísérleti burkolatként 1988-ban építettek hengerelt betonburkolatot egy faterlep a tároló-rakodó területén<sup>28</sup>. Azóta Magyarországon hengerelt betonburkolat nem épült. Viszont félmerev pályaszerkezetek alaprétegeként a beton alkalmazása a vonatkozó műszaki szabályozások szerint<sup>29, 30</sup> bevett gyakorlat<sup>31</sup>.

## 6.3. Hengerelt betonburkolat tervezési követelményei

### 6.3.1. A külföldi gyakorlat

A hengereltbeton burkolatok betonjának összetételére a publikált amerikai, kanadai és svéd tapasztalatokból (lásd 4.4. fejezet) levezethető legfontosabb megállapítás az, hogy az ilyen beépítési technológiájú beton kövázának szemeloszlása a pályaburkolati betonok szokásos szemmegoszlásától eltérő, lévén a homok, illetve a finom szemmagyságú anyagrész aránya nagyobb.

Svédországban a hengereltbeton burkolat

- adalékanyagának
  - mind a természetes aprózódású, mind a zúzott anyagot megfelelőnek tartják, bár természetes aprózódású homokos kavicsokat a szétosztályozódási veszély miatt előnytelennek ítélik,
  - legnagyobb szemmagysága legfeljebb 22 mm lehet, de gyakran használnak a szétosztályozódás megelőzése érdekében  $D_{\max} = 16$  mm szemmagyságú kövázat is,
  - szemeloszlási határgörbéit Svéd-1 és Svéd-2 jelöléssel mutatja az 5. ábra,
- nagy sűrűségének és vízzáró felületének kialakításához a keverék kövázában a finom szemmagyságú anyagrész mennyiségének növelését is szükségesnek tartják,
- tervezési szilárdságként a 28 napos korban  $\geq 40$  N/mm<sup>2</sup>-nyi nyomószilárdságot írnak elő.

Amerikában és Kanadában használatos hengereltbeton burkolatok adalékanyaga szemmegoszlási határgörbéit ACI-1 és ACI-2 jelzéssel szintén az 5. ábra tünteti fel. Tervezési szilárdságként a 90 napos korú legalább 4,8 N/mm<sup>2</sup> átlagos hajlító-húzószilárdság az előírt érték.

---

<sup>27</sup> Merkblatt für den Bau von Tragschichten und Tragdeckschichten mit Walzbeton für Walzbetonflächen, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2000

<sup>28</sup> A 15 cm vastagságban 350 kg/m<sup>3</sup> cementtartalmú zúzottkö adalékanyagú burkolati betonkeveréket földnedves konzisztenciával építettek be az eredetileg tervezett C8 jelű beton helyett. A betont aszfaltfiniszerrel terítették el és 16 t-ás gumihengerrel, valamint 8 t-ás vibrőhengerrel tömörítették.

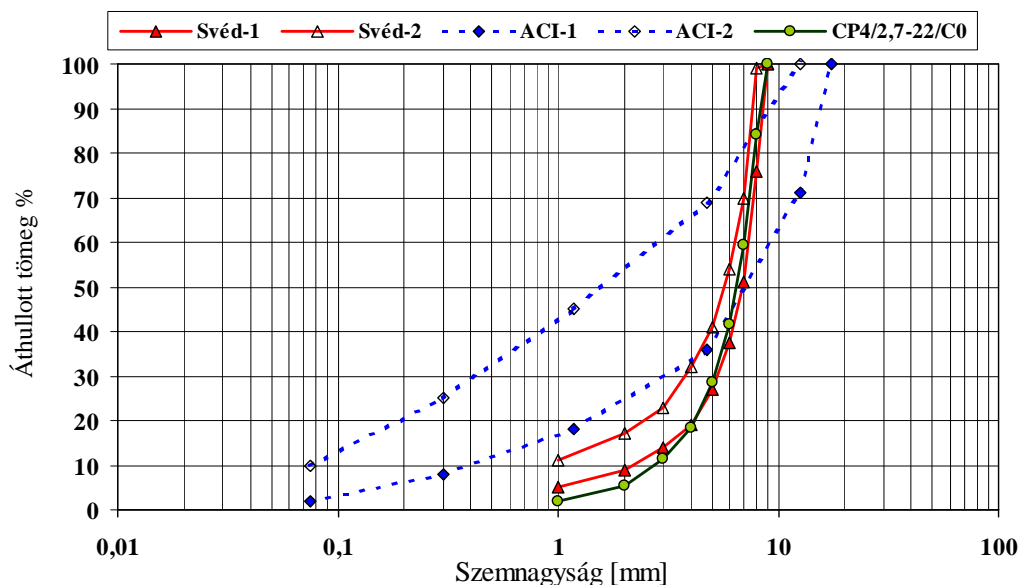
<sup>29</sup> ÚT2-3.208: 2006 Útépítési beton burkolatalapok. Tervezési előírások. Magyar Útügyi Társaság

<sup>30</sup> ÚT2-3.204: 1993 Útépítési beton burkolatalapok. Követelmények. Magyar Útügyi Társaság

<sup>31</sup> Ezeket a betonrétegeket aszfaltfiniszerrel terítik és előtömörítik, majd vibrációs hengerekkel tömörítik. A beton alapréteg összetételénél a cementtel együttes teljes anyagkeveréknek a módosított Proctor vizsgálatnál (MSZ EN 13286-2) meghatározott legkedvezőbb tömörítési víztartalmat veszik figyelembe.



5. ábra Hengereltbeton burkolat  $D_{\max} = 22$  mm szemmagyságú kővázának külföldi és hazai határgörbéi



A két bemutatott határgörbe megítéléséhez ugyancsak az 5. ábrában a CP4/2,7-22/C0 jelöléssel feltüntettük a pályaburkolati betonokra vonatkozó magyar műszaki szabályozás szerinti beton  $D_{\max} = 22$  mm szemmagyságú kővázának határgörbéi alapján kiszámolt szemmegoszlási közép-görbét. Jól látható abban a finom szemmagyságú kőváz rész hiánya, hiszen ez a közép-görbe a vibrálással tömörített betonburkolatokra érvényes.

A hengerelt betonburkolatok keverék-beépítéshez az optimális víztartalmat a módosított Proctor vizsgálattal állapítják meg. Ez kevesebb, mint ami a vibrálással tömörített pályabeton keverékek optimális v/c tényezőjének beállításához szükséges és az un. roskadásmentes konzisztenciát eredményezi. Ezért a hengerelt beton keverékek kővázában a finom szemmagyságú anyagrészt növelni szükséges, hogy a kőváz hézagainak kitöltésével a beton telítettsége elérhető legyen.

A német gyakorlat szerinti hengereltbeton fajtákat és szilárdsági paramétereiket a 9. táblázatban, az alapréteggként és burkolatként egyaránt használatos keverékfajta vonatkozó tervezési előírásait a 10. táblázatban foglaltuk össze.

9. táblázat Német hengereltbeton fajták szilárdsági tervezési paramétereinek minimumai<sup>27</sup>

Fajta	Minimális szilárdság 28 napos korban $D = 150$ mm és $H = 125$ mm méretű hengeren mérve [ $N/mm^2$ ]		
	Nyomószilárdság		Hasító-húzószilárdság
	Egyes próbatestek	3 db összetartozó próbatest átlaga	
WB 25	25	30	3
WB35	35	40	4
WB45	45	50	5

10. táblázat Határértékek és iránymutatás a WB35 jelű német hengereltbeton alapréteg- és burkolat keverékre<sup>27</sup>

Paraméter		Követelmény	Iránymutatás
Nyomószilárdság	D = 150 mm és H = 125 mm méretű hengeren mérve [N/mm <sup>2</sup> ]	Minden próbatest 28 napos korban $\geq 35$	3 db próbatest átlaga 28 napos korban $\geq 35$
Hasító-húzó szilárdság		Minden próbatest 28 napos korban $\geq 3$	3 db próbatest átlaga 28 napos korban $\geq 4$
W <sub>opt</sub>		Módosított Proctor vizsgálat szerint	Kb. 5-7 % a teljes szárazanyag tömegre vonatkoztatva
Cementtartalom		$\geq 270 \text{ kg/m}^3$	DIN EN 197-1. szerinti cementek
Kőzet szemcsék		A TL-Gestein-StB szerinti utépítési kőzetek	D <sub>max</sub> =16 mm, >8 mm szemcsetartományban legalább 50% zúzott-tört kőzetszemcse
Szemösszetétel		DIN 1045 szerint	Legalább 3 szemcseméretből (frakcióból) összeállítva
Kőliszt és finom homok >0,25 mm		$\geq 500 \text{ kg/m}^3$ a tömörített betonra vonatkoztatva	
Adalékszerek			A DIN EN 206-1, DIN 1045-2 és ZTV Beton-StB követelményei figyelembe veendőek
Levegő és betonhőmérséklet		T <sub>levegő</sub> = 5-25 °C T <sub>beton</sub> = 5-30 °C	

### 6.3.2 Anyagtároló Hesedorfban

A hesedorfi anyagtároló infrastruktúrájának kiépítése során összességében 52.000 m<sup>2</sup> térburkolatot állítottak elő hengerelt betonból. A térburkolat gumikerekes és lánctalpas járművek tárolására szolgált.<sup>32</sup>

A kötőanyag nélküli teherhordó alaprétegre 20 cm-es vastagságú hengerelt betonburkolatot építettek, mivel ez a beépítési vastagság jelenti a felső határt a tömörítési fok ellenőrzés nélküli egyrétegű beépítés esetén. A hengerelt beton összetételét a 11. táblázat mutatja be.

11. táblázat: A hengerelt beton összetétele

Hengerelt beton szilárdsági osztály		WB 35
Frissbeton sűrűsége	kg/m <sup>3</sup>	2285
Cementfajta és szilárdsági osztály		CEM III/A 42,5 N
Cementtartalom	kg/m <sup>3</sup>	270
Víztartalom	l/m <sup>3</sup>	120
w/(z+0,4f)		0,40
Kőzet szemcse összetétel		
0/2 homok	kg/m <sup>3</sup>	642 (= 2,60 g/cm <sup>3</sup> )
2/8 zúzalék	kg/m <sup>3</sup>	421 (= 2,74 g/cm <sup>3</sup> )
8/16 zúzalék	kg/m <sup>3</sup>	732 (= 2,74 g/cm <sup>3</sup> )
össztartalom	kg/m <sup>3</sup>	1795
Liszt és finom homok	kg/m <sup>3</sup>	463
Betonadalékanyag		
Típus		Köszénpernye
Tartalom	kg/m <sup>3</sup>	100

Az alapanyag keverék 16 mm-es legnagyobb szemcsét tartalmazott és a 2/8-as és a 8/16-os frakció zúzott kövek voltak annak érdekében, hogy így kielégítő tömörítést, állékonyságot és

<sup>32</sup> Update 2006/4

megfelelő felületképzést érjenek el, valamint a földnedves beton feldolgozása során a szétesztályozódás a lehető legalacsonyabb legyen. Az adalékanyagváz 64 tömeg %-ban zúzott követ és 36 tömeg %-ban 0/2 finom közetszemcsét, homokot tartalmazott, így megfelelt az A/B 16 határgörbének. Köttöanyagként CEM III/A 42,5 N cementet, beton kiegészítő anyagként kőszén pernyét használtak. Ezen betonösszetétel alkalmassági vizsgálata 28 nap után 42,9 N/mm<sup>2</sup> átlagos nyomószilárdságot és 4,2 N/mm<sup>2</sup> átlagos hasító-húzó szilárdságot eredményezett.

Az egy napra jutó szakasz hengerelt betonját egymás mellé terített sávokban építették be. A sávok hosszúságát behatárolta a beton maximálisan lehetséges állásideje (<60 perc), amelyet a 6. ábra szemléltet.

6. ábra Hengerelt beton beépítése sávokban



A beton nedvességtartalmától függően a finiser 26-28 cm-es beépítési vastagságot hozott létre  $D_{pr} > 93\%$  (Proctor-sűrűsége vonatkoztatott) tömörséggel.

Eső veszélye esetén a felületet fóliával takarták le a 7. kép szerint, hogy a csapadék következtében létrejövő kimosódásokat a kész hengerelt beton felületén elkerülhessék.

7. ábra Fóliával történő takarás esőveszély esetén



Meleg időjárás esetén - közvetlenül a felület elkészülte után - vízzel való enyhe nedvesítésre van szükség a felület kiszáradásának megakadályozására. A másodiktól a negyedik napig szektoronként esőztető felállításával biztosították a folyamatos locsolást az 8. kép szerint. Ezt követően 3 napig egy öntözőkocsi nedvesítette a betonfelületet.

## 8. ábra Utókezelés szektoronkénti esőztetőkkel



### 6.3.3 Hazai szabályozás javasolható alapjai

Hengereltbeton burkolatok tervezésére és készítésére egyelőre nincs hazai műszaki szabályozás. A hengereltbeton burkolatokról szóló külföldi beszámolók alapján levonható következtetés, hogy hazai alkalmazás során a szemmegoszlás finom része tartalmának növelésén és a betonkeverék víztartalmának beszabályozásán kívül más változtatásra nincs szükség, lévén a hengereltbetonból készített burkolat hézagolt betonburkolatnak tekinthető (lásd 4.4 alfejezetet). Ezért a vonatkozó útügyi műszaki előírásokból kell a hengereltbeton burkolatok műszaki előírását felépíteni. A cement szükséges mennyiségét az előírt szilárdsági és tartóssági követelményeknek megfelelően szükséges meghatározni, de a jelenleg érvényben lévő előírások vonatkoztathatók a hengereltbetonra is. A betonkeverék víztartalmának meghatározásánál a módosított Proctor vizsgálattal meghatározott legkedvezőbb tömörítési víztartalmat szükséges figyelembe venni.

A magyarországi éghajlati, környezeti és adalékanyag körülményeket figyelembe véve a hengerrel tömörített betonburkolatokat

- a  $D_{\max} = 22$  mm-es szemmagysággal jellemzett szemmegoszlású adalékanyaggal ajánlott készíteni, aminek határgörbéit a 12. táblázat és a 9. ábra adja meg;
- hézagolt burkolatként javasolt építeni. Az épített friss betonba vagy a hengerekkel tömörített szilárd betonburkolatba bevágott hézagréssel a vakhézagokat viszonylag gyorsan, repedések kialakulása előtt el lehet készíteni. A hengerelt betonburkolat vakhézagába, azonban sem összekötő, sem teherátadó vasalás nem helyezhető el, mert a hézagnál a betonba behelyezett betonacélokat a hengerléses tömörítés a helyükről elmozdíthatná.

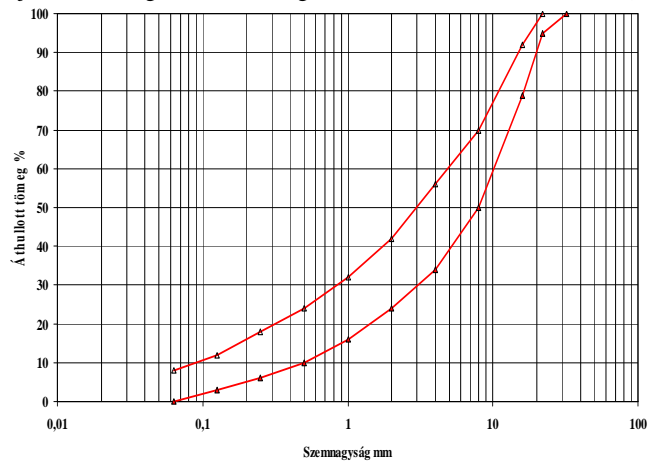
12. táblázat A hengerelt betonburkolatokhoz Magyarországon alkalmazható

$D_{\max} = 22$  mm szemmagyságú kőváz szemmegoszlásának határértékei

Finomsági modulus:  $m_A = 6,58$ ;  $m_F = 5,46$

Szemmagyság [mm]	Előírt határértékek	
	Alsó határ	Felső határ
	Áthullott tömeg %	
32	100	100
22	95	100
16	79	92
8	50	70
4	34	56
2	24	42
1	16	32
0,5	10	24
0,25	6	18
0,125	3	12
0,063	0	8

9. ábra Hengereltbeton burkolatok  $D_{max} = 22$  mm szemnagyságú kővázának javasolt határgörbéi. Finomsági modulus:  $m_A = 6,58$ ;  $m_F = 5,46$  )



## ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra	A folyósító adalékszerek alkalmazásának fő hatásai
2. ábra	Hajlító-húzó vizsgálat 2 és 1 pontos terheléssel
3. ábra	Próbatest távolsági tényező próbateste
4. ábra	Hengerelt beton beépítése a hesedorfi anyagtárolóban
5. ábra	Hengereltbeton burkolat $D_{\max} = 22$ mm szemnagyságú kővázának külföldi és hazai határgörbéi
6. ábra	Hengerelt beton beépítése sávokban
7. ábra	Fóliával történő takarás esőveszély esetén
8. ábra	Utókezelés szektoronkénti esőztetővel
9. ábra	Hengereltbeton burkolatok $D_{\max} = 22$ mm szemnagyságú kővázának javasolt határgörbéi. Finomsági modulus: $m_A = 6,58$ ; $m_F = 5,46$ )

## TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat	Kitéti (környezeti) osztályok
2. táblázat	Betonburkolatokhoz használható cementek követelményei
3. táblázat	Bármilyen betonburkolat betonjához alkalmazható adalékanyagok legalacsonyabb megkövetelt minőségi szintje
4. táblázat	Újrafelhasználási osztályok követelményei
5. táblázat	A kész pályaburkolati betonok jellemző szilárdságának követelményei a szilárdsági osztályok szerint
6. táblázat	A megszilárdult beton vizsgálati és a próbatestek
7. táblázat	A pályaburkolati betonok tervezési követelményei
8. táblázat	A hengerelt betonburkolatok tulajdonságai és alkalmazási előnyei az amerikai gyakorlat szerint
9. táblázat	Német hengereltbeton fajták szilárdsági tervezési paramétereinek minimumai
10. táblázat	Határértékek és iránymutatás a WB35 jelű német hengereltbeton alapréteg- és burkolat keverékre
11. táblázat	A hengerelt beton összetétele
12. táblázat	A hengerelt betonburkolatokhoz Magyarországon alkalmazható $D_{\max} = 22$ mm szemnagyságú kőváz szemmegoszlásának határértékei